

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書  
(出國類別：開會)

赴美國參與台美雙邊核能安全管制  
技術交流會議暨觀摩 Oyster Creek  
電廠緊急計畫演習應變作業

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：核能管制處李綺思副處長

核能技術處黃俊源副處長

核能管制處張禕庭技正

核能管制處吳泰宏技士

派赴國家：美國

出國期間：106年9月23日至9月30日

報告日期：106年12月4日



## 摘要

本報告說明參與 2017 年台美雙邊核能安全管制技術交流會議成果，會議討論重點包括核能電廠管制作業現況、機率風險評估研究進展、核能電廠除役管制技術與管制進展、風險告知績效基準之地震安全分析與耐震補強、福島事故後管制作法與安全強化現況等。藉由此每年一次異地舉辦之技術討論會議，充分交換與溝通管制資訊，提升我國核能安全管制之廣度與深度。

除參加前述會議外，亦於美方安排與陪同下觀摩 Oyster Creek 電廠緊急計畫演習演練狀況，包括參訪核管會運轉中心與第一區辦公室，聽取美方簡報事故應變作法，其後再實際至紐澤西州、郡政府應變中心觀摩應變作業執行情形，藉由觀摩美方辦理演習之經驗，精進我國核子事故緊急應變時之作業模式。

## 目錄

壹、目的.....	1
貳、行程.....	2
參、工作紀要.....	3
一、參與 2017 年台美雙邊核能安全管理技術交流會議.....	3
(一) AEC/NRC 近期管制活動－我方/美方.....	3
(二) 機率風險評估 (PRA) 研究進展－美方.....	4
(三) 核三廠全黑反應爐冷卻水泵軸封冷卻水流失之研究－我方.....	5
(四) 核能電廠除役管制－美方.....	6
(五) 核一廠除役計畫審查進展－我方.....	7
(六) 風險告知績效基準之地震安全分析－美方.....	8
(七) 耐震安全評估與補強近況－我方.....	9
(八) 福島事故後管制作為近況更新－美方.....	9
(九) 核能電廠福島後安全強化現況－我方.....	10
(十) 會議結論.....	10
二、觀摩 Oyster Creek 電廠緊急計畫演習應變作業.....	12
(一) 核管會運轉中心.....	12
(二) 核管會第一區辦公室.....	13
(三) 紐澤西州技術評估中心.....	15
(四) 紐澤西州政府應變中心.....	17
(五) 海洋郡緊急應變中心.....	19
肆、心得與建議.....	23
伍、附錄.....	24
附錄一、2017 年雙邊核安管制技術交流會議議程.....	24
附錄二、2017 年台美雙邊技術交流會議雙方代表名單.....	25

## 圖目錄

圖 1	我方代表團與 Mary Jane Rose-Lee 副處長等人合影 .....	11
圖 2	運轉中心內部配置 .....	13
圖 3	我方代表團與 Shannon King 技士合影 .....	13
圖 4	我方代表團與 Daniel H. Dorman 最高行政官等人合影 .....	15
圖 5	技術評估中心運作情形 .....	16
圖 6	GIS 圖資 .....	17
圖 7	白板紀錄 .....	17
圖 8	Oyster Creek 電廠緊急應變計畫地圖 .....	17
圖 9	紐澤西州緊急應變中心大廳 .....	19
圖 10	海洋郡緊急應變中心演練情況 .....	20
圖 11	疏散路線圖 .....	21
圖 12	應變人員劑量限值 .....	21
圖 13	我方代表團與美方討論情形 .....	22
圖 14	我方代表團與演練人員合影 .....	22

## 壹、目的

- 一、參與 2017 年台美雙邊核能安全管制技術交流會議：台美雙方藉由每年一次異地舉辦之核能安全管制技術交流會議，分享以及討論雙方過去一年之重要核能安全管制議題，以提升我國核能安全管制之廣度與深度。
- 二、觀摩 Oyster Creek 電廠緊急計畫演習應變作業：包括參訪 NRC 運轉中心，了解其設施建置、平日作業、事故應變與執行現況；另至 Oyster Creek 電廠所屬之州、郡政府緊急運轉中心，觀摩核子事故後之廠外劑量評估作業、民眾防護行動決策作業、各相關權責單位橫向溝通協調作業等，精進我國未來核子事故緊急應變時之作業模式。

## 貳、行程

此次公差行程我方代表團包括原能會 4 人（核管處李綺思副處長、核技處黃俊源副處長、核管處張禕庭技正、核管處吳泰宏技士），台灣電力公司 1 人（核能發電處林志保副處長）；另外，原能會駐華盛頓特區趙衛武副組長亦全程陪同。9 月 25 日前往美國核能管制委員會（Nuclear Regulatory Commission, NRC）總部並參與 2017 年台美雙邊核能安全管理技術交流會議，9 月 26 日上午參訪 NRC 運轉中心後，下午即前往賓州及紐澤西州，分別參訪 NRC 第一區辦公室（Region I Office）（26 日）及觀摩 Oyster Creek 電廠緊急計畫演習應變作業（27-28 日），行程簡列如下：

日期	工作內容	地點
9 月 23-24 日 （六-日）	去程	台灣-紐約-華府
9 月 25 日 （一）	參與「台美雙邊核能安全管理技術交流會議」	NRC 總部（華府）
9 月 26 日 （二）	參訪 NRC 運轉中心及第一區辦公室	NRC 總部（華府） 第一區辦公室（賓州）
9 月 27 日 （三）	觀摩 Oyster Creek 電廠緊急計畫演習應變作業	紐澤西州技術評估中心 及緊急應變中心
9 月 28 日 （四）	觀摩 Oyster Creek 電廠緊急計畫演習應變作業	紐澤西州海洋郡緊急應變中心
9 月 29-30 日 （五-六）	返程	紐約-台灣

## 參、工作紀要

### 一、參與 2017 年台美雙邊核能安全管制技術交流會議

台美雙邊核能安全管制技術交流會議係由台美雙方輪流主辦，2017 年之會議輪到美方主辦。本次會議安排於 106 年 9 月 25 日假美國核能管制委員會（以下簡稱核管會或 NRC）總部召開。議程表詳如附錄一，雙方主要參與人員如附錄二。

本次會議主要討論重點為核能電廠管制作業現況、機率風險評估研究進展、核能電廠除役管制技術與管制進展、風險告知績效基準之地震安全分析與耐震補強、福島事故後管制作法與安全強化現況等，茲將會議討論重點事項敘述如下。

#### （一）AEC/NRC 近期管制活動－我方/美方

本項議題首先由核能管制處張禕庭技正說明原能會近期之重要管制績效，包括運轉中核能電廠異常事件件數、跳機次數與違規案件數目等績效表現統計結果，另針對我國各核能電廠重要事件管制作為介紹，如核一廠降載延時運轉審查管制作業、核一廠除役過渡時期管制要求、核二廠燃料破損事件管制作業、核二廠燃料裝載池改裝申請案審查作業、核三廠跳機事件肇因與改善措施，最後則是原能會資訊公開與透明化作法等。

其次由核能管制署工程處副處長 Mary Jane Ross-Lee 說明 NRC 近期之重要管制議題。有關核能電廠電力系統欠相（Open Phase Condition，簡稱 OPC）議題，NRC 於 2012 年發布通告 Bulletin 2012-01，要求各核能電廠檢視其電力系統是否有相關設計上缺失。核管會也於 105 年於標準審查計畫（Standard Review Plan）中發布其技術立場（Branch Technical Position）BTP 8-9。她提到核能業界自發性地開發「欠相隔離系統（Open Phase Isolation Systems，簡稱 OPIS）」，目前有 6 種不同設計，而 NRC 也將視核能電廠安裝採用情形再決定後續管制作為。有關數位儀控部分，美方說明 NRC 在此方面之管制架構包括設備更換須有共因失效之考量、儀控設備更新與持照基礎之關聯性、商業級產品檢證規定等。其中共因失效之防範仍是目前努力中的議題，NRC 於今（2017）年釋出一份文件（ML17102B507），係要供業者評估數位儀控設備更新作業是否需經 NRC 事先核准，目前該文件仍在草案階段，尚在蒐集外界意見。接下來 Mary Jane Ross-Lee



副處長提到 Anchor /Darling 雙閥盤閘閥 (Double-Disc Gate Valve) 故障議題，此議題係於今年 2 月時發生於美國沸水式核能電廠之高壓爐心噴灑 (High Pressure Core Spray, 簡稱 HPCS) 系統內，於機組大修期間要開啟時無法開啟。經檢查發現閥桿與閥盤已經脫開，故障肇因研判為廠家組裝時使用之扭力不當，廠家已依 10 CFR 21 進行事件通報。由於此種閥並不限於沸水式核能電廠，亦可使用於壓水式核能電廠，故 NRC 打算發通告 (Bulletin) 要求核能業者確認對其電廠之影響並提出改善作法。最後述及美國核能電廠執照更新之作法，目前美國有 99 部運轉中機組，絕大多數已運轉超過 30 年，其中 87 部機組已完成執照更新，運轉年限由 40 年延至 60 年。依照美國法規，核能電廠運轉年限延至 80 年是允許的，而 NRC 也預期在今 (2017) 年底會有業者提出申請。由於執照更新不符我國當前國家政策，故未再深入討論。

## (二) 機率風險評估 (PRA) 研究進展－美方

此份簡報係由 John Nakoski 科長作說明。他所屬之核能管制研究辦公室 (Office of Nuclear Regulatory Research) 負責與管制有關的研究工作，共有四個業務小組，即：(1) 機率風險評估 (Probabilistic Risk Assessment Branch, 簡稱 PRAB)、(2) 績效與可靠度 (Performance and Reliability Branch, 簡稱 PRB)、(3) 火災與廠外危害 (Fire and External Hazards Branch, 簡稱 FXHAB)，與 (4) 人因與可靠度 (Human Factors and Reliability Branch, 簡稱 HFRB)。

此份簡報包括了各業務組近期研究事項與對管制業務提供之支援，例如 (1) Support the reactor oversight process、(2) Facilitate implementation of risk-informed regulation、(3) Expand PRA infrastructure to address emerging technical areas and reactor designs、(4) Support continuous advancement in PRA state-of-practice、(5) Operating experience data collection, analysis, and dissemination、(6) Event and condition risk analysis and performance assessment、(7) PRA standards and guidance development、(8) Support for fire safety research、(9) Flooding and other external events research to support hazard reviews and PRA modeling 等等。

美方簡報中提及 NUREG-1738 除役核電廠之 PRA 模式，其反應爐中之燃料均已退出至用過燃料池或是乾貯設施，其情形和我國現況截然不同。以核一廠為例，乾貯設施因故無法取得使用執照，故除役之後燃料仍有一段時間須留置於反應爐內，所以爐心足夠之餘熱移除能力及補水能力仍須保留，雙方也針對此種特殊情況討論交流管制經驗。另近年核管會選取 Vogtle 電廠，積極地發展 Full Scope Site PRA (Level 3 PRA) 之技術以並進行相關研究，故會議上也詢問核管會在此領域之發展現況。美國核管會初步回應預計在 2018 年公布 Full Scope Site PRA 之相關報告及導則。

此外，相較於功率運轉時所發生之事故，在除役 PRA 研究中涉及用過燃料池之相關事故之時程(Timing)都相當長，所以在這種長時程的用過燃料池事故中，所採用之人因誤失方法論 (Human Reliability Models) 將扮演著重要的角色，目前 PRA 領域對於此議題仍在討論，尚未有定論。

PRA 工具之研究發展能提供管制單位從相對風險之角度，建立管制決策，故持續精進 PRA 模式，了解廠外事件機率與人因可靠度等係為重要之議題，NRC 也期待藉由國內外共同合作強化研究能量。

### (三) 核三廠全黑反應爐冷卻水泵軸封冷卻水流失之研究－我方

本次係以核三廠電廠全黑反應爐冷卻水泵軸封冷卻水流失模式之研究 (Effects of Seal Leakage Modeling on the Station Blackout Core Damage Frequency) 為主題，由核能管制處吳泰宏技士簡報，和美方分享研究結果。

100 年 3 月 11 日日本福島電廠事故發生後，原能會積極強化核安管制能力，精進管制所需之相關分析評估能力。鑑於日本福島事故為一個長期電廠全黑 (Long-Term Station Black-Out, 簡稱 LTSBO) 事故，導致爐心受損，故在此研究中藉由評估事故序列之喪失外電 (Loss of Offsite Power, 簡稱 LOOP) 事件樹，來明確了解 SBO 之事故序列及導致爐心受損的比重。

此研究將喪失外電肇始事件分成四類考量 (電網故障、電廠因素、開關場故障、及氣候因素)；而探討之喪失外電下電廠全黑 (LOOP/SBO) 模式分為基本模式、WOG2000 模式以及 URG 模式。參照 NRC SPAR 模式，以基本模式為基礎，增

加考慮 WOG2000 之 RCP 軸封洩漏模式納入事件樹標題，以建立 WOG2000 模式 LOOP 事件樹；其中軸封失效模式乃依據 2003 年 5 月美國核管會所認可之西屋公司技術報告 WCAP-15603 (Revision 1)，其四種軸封失效模式分別為：RCP #1 軸封 Binding and Popping-open、#1 軸封封環 O-ring Extrusion、#2 軸封 Binding and Popping-open 與 #2 軸封 O-ring Extrusion；再以 WOG2000 模式為基礎，增加考慮核三廠程序書 1451 斷然處置措施/設備，建立斷然處置指引 LOOP 事件樹 (URG 模式)。除前述之基本模式、WOG2000 模式、URG 模式之外，另再進行二個靈敏度分析，分別為“RCP #1 軸封改為西屋 Thermal Passive Shutdown Seal (PSDS)”及“RCP #1 軸封改為 PSDS 並考慮 URG 措施”。

此研究之重要結果為：(1) 相較於 WOG2000 模式，基本模式明顯低估了 SBO 事故序列之貢獻，主要差異在於輔助飼水系統 (TDAFW/MDAFW) 成功之相關事故序列，以及採用之軸封失效時機 (Timing) 及機率值。(2) 在靈敏度分析方面，就 SBO 事故序列之 CDF 分析結果顯示，相較於 WOG2000 模式，靈敏度分析“RCP #1 軸封改為西屋 Thermal Passive Shutdown Seal (PSDS)”降幅可達 94%。(3) 除此之外，在「將 RCP #1 軸封改為西屋 PSDS」後，已能有效控制/避免軸封 LCOA，如再考慮 URG 措施，則此 URG 措施對防止爐心受損有顯著效益。雙方也就此議題之分析技術(如 PSDS 失效機率)進行交流討論。

#### (四) 核能電廠除役管制—美方

本項議題由核管會核能管制辦公室資深計畫管理師 (Senior Project Manager) John Lamb 與計畫管理師 (Project Manager) Alysia G. Bone 說明，簡報內容包含美國核管會及相關研究單位近年來在核能電廠除役管制法規制定方面之進展。

在簡報中討論了除役過程緊急應變計畫 (Emergency Planning) 之相關資訊，因應我國 2025 非核家園政策，原能會未來任務重心將轉移至核能電廠除役管制，所以也與美方人員討論除役中核電廠緊急應變計畫區 (Emergency Planning Zone，簡稱 EPZ) 以及低密度人口區 (Low Population Zone，簡稱 LPZ) 相關問題。

針對核能電廠除役法規範圍，簡報中提及“Aging Management”與

“Fatigue Management” 兩項目，惟簡報人員未進一步說明其內容。故於後續討論時再請核管會加以解說，原來係分別指用過燃料池老化管理，以及運轉人員適職性議題有關。其中運轉人員適職性議題在核能電廠除役計畫中較少為人所注意，所以可做為我方之借鏡。簡報最後，美方亦說明了未來訂定除役相關法規之時程，包括：(1)Final regulatory basis 將於 2017 年末公布；(2)Proposed Rule/Draft Regulatory Guidance 將於 2018 年春天提供給核管會委員；以及(3)Draft Final Rule/Final Regulatory Guidance 將於 2019 年秋天提供給核管會委員。

#### (五) 核一廠除役計畫審查進展－我方

本項由核能管制處吳泰宏技士以 Updates on Review Activities of Chinshan Decommissioning Plan 為題，與美方分享對於金山核能發電廠（核一廠）除役計畫審查現況。在此份簡報中，介紹主題包括下列：Overview of NPPs in Taiwan、Regulatory Body and Legal Requests、Main Contents of Chinshan Decommissioning Plan(DP)、Review Schedule and Tasks、Public Involvement。

第一個主題首先介紹金山核電廠基本特性。核一廠有 2 部機組，其反應器均為美商奇異公司的 BWR-4 型設計，圍阻體為 Mark-I 型，發電功率為 636 百萬瓦，1 號機組於 1978 年開始商轉，運轉執照為 40 年，2018 年執照到期後將進入除役階段，為國內三座運轉中核電廠中第一座除役之電廠。2025 年國內核電廠的執照均已到期，而依據 2025 非核家園政策目標下，我國核一廠、核二廠及核三廠運轉執照將分別於 107 年 12 月、110 年 12 月、113 年 7 月屆滿，並陸續展開除役，各核電廠均不予延役。

第二個主題為 Regulatory Body and Legal Requests。原能會對於我國核能電廠除役安全管制工作，已建置一套完整法規體系。就本會職掌而言，核電廠除役法規明確訂定於「核子反應器設施管制法」；「核子反應器設施管制法施行細則」則規範核電廠除役完成期限、廠址除役後輻射劑量限值、除役計畫變更範圍；「核子反應器設施除役許可申請審核辦法」則規定除役許可申請應備之文件、審核程序及其他應遵行事項；另有「核子反應器設施除役計畫導則」與「核子反應器設施除役計畫審查規範」，作為除役計畫撰寫與審查之依據。

第三個主題為 Main Contents of Chinshan Decommissioning Plan。在 25

年之除役工作期程 (Decommissioning Phase) 當中，包括了 Post-operation transition phase (8 年)、De-contaminate & dismantling phase (12 年)、Final site survey phase (3 年)、Site restoration phase (2 年)。除此之外亦介紹核一廠除役計畫中所考量的放射性廢棄物存量之重量及活度。最後並加以說明核一廠廠區中，依後續使用情形大致可分為 3 個部分：外釋準備區 (用於分類與暫貯待外釋的廢棄物)、發電機組區 (除役後將拆除)、以及保留區 (主要是配合除役所規劃的放射性廢棄物貯存場所，在我國最終處置場完工前，除役的相關放射性廢棄物原則將先放置於此)。

第四個主題為 Review Schedule and Tasks。核一廠 1 號機運轉執照將於 107 年 12 月屆期，依「核子反應器設施管制法」規定，應於 3 年前提出除役計畫送原能會審查。台電公司已於 104 年 11 月提出核一廠除役計畫向原能會申請除役許可，原能會已於 106 年 6 月 28 日完成審查程序。

依環境影響評估相關法令規定，核電廠除役作業應進行環境影響評估。核一廠除役計畫環境評估案現正由環保署審查中。另依「核子反應器設施管制法」第 23 條，核一廠除役計畫經原能會完成審查後，仍須檢附核一廠除役計畫環評審查通過資料，原能會始得發給除役許可。當原能會審查同意並核發除役許可後，核一廠即正式進入除役階段。

第五個主題為 Public Involvement。原能會於除役審查過程當中及審查結束後，分別舉辦了核一廠除役計畫暨乾式貯存設施訪查活動 (Public Observation) (106 年 9 月 7 日及 107 年 6 月 23 日)、以及核一廠除役計畫審查地方說明會 (Public Meeting) (106 年 10 月 4 日及 107 年 8 月 10 日)，以擴大公眾參與、加強社會溝通並聽取建言。

#### (六) 風險告知績效基準之地震安全分析－美方

此項簡報係由核管會核能管制辦公室資深技術顧問 Jose Pires 來做說明。要成功應用風險告知績效基準作為管制方法，需要有能力進行定量地震 PRA，建立績效基準決策架構，以及有適當的管制技術指引與標準。其中地震 PRA 已是一項相當成熟的技術，而績效基準決策架構亦有法規指引 RG 1.174 與 RG1.200 做為藍本，其他的管制技術指引與標準亦已逐步建立。此簡報內容主要係美方介紹

風險告知績效基準之地震安全分析近況，包括：目前重要的相關議題、福島事件後的地震再評估(第一階段)，以及決定是否需進一步採取管制行動(根據第一階段評估結果決定)。目前美國電廠均已完成第一階段地震災害評估，NRC 已完成審核並決定哪些電廠需進行地震 PRA 並指定完成時程(2019 年底前)。未來美國之新設電廠，將會採風險告知績效基準的地震安全方法，法規指引亦將配合修訂。

### (七) 耐震安全評估與補強近況－我方

本項議題由台電公司核發處林志保副處長報告耐震安全餘裕評估(SMA)耐震補強近況，簡報首先介紹國內三座核能電廠用來評估耐震安全餘裕所使用的最大地表加速度之基準，以及設備補強對策。這些設備補強對策包括：提高結構系統勁度或安裝隔震接頭，減少質量以調整結構主頻；安裝隔震裝置，將既有構件補強或置換為有較大容量組件以提升耐震能力；改善機電設備之運轉機制；降低位移、擴大間距、提升構件位移之一致性、重新調整位置以減低組件間空間系統互制等等。所舉的案例包括：桶槽、馬達控制中心、電驛、泵、變壓器、空調機、控制室天花板等。所有 SMA 相關之耐震補強均已完成，可確保兩串安全停機路徑之耐震餘裕度均已提升，核一、二、三廠分別為 0.51g、0.67g、0.72g。

### (八) 福島事故後管制作為近況更新－美方

本項議題由核管會核能管制辦公室日本經驗回饋組(Japan Lessons-Learned Division)副處長 Mohamed Shams 來說明。美方介紹福島事故後相關管制作為之演進，包括：從最初成立近期工作小組(NTTF)、簽發行政命令要求業主提供資訊、執行核管會認可之業界指引、執行安全評估及驗證符合性、進展到目前進行中的超過設計基準事故減緩措施之法規制訂與安全強化等。其中，大部分工作均已於 2016 年完成，目前尚有部分機組在進行地震、淹水等再評估工作。而超過設計基準事故延緩措施之法規制訂，初稿已完成送至委員會審核，目前正準備施行作業。有關淹水之防範計畫施行仍依照原規劃時程進行，2016 至 2017 年進行減緩措施有效性評估，隨後進行個廠整體性評估；地震之防範計畫，係於 2019 年完成地震 PRA。至於福島事故後強化事項屬於第二、三階段(Tier 2、Tier 3)之建議事項，其中即時(Real-Time)輻射監測及其他非地震、淹水之自然災害對策，核管會已無額外的管制要求。未來 NRC 會進行最終符合性視察，並

制訂長期監管方案。

### （九）核能電廠福島後安全強化現況－我方

此議題由台電公司林志保副處長報告我國核能電廠福島後安全強化現況，包括：目前三座核能電廠營運現況，以及福島事故後核管案件截至目前為止辦理情形。簡報中亦簡介台灣核電廠在對抗類似福島事故時，於深度防禦上已具有之優勢，如：生水池、氣渦輪發電機、第 5 台氣冷式柴油發電機、緊急冷卻水泵室建築，以及已採行之強化措施等。

對於福島事故後之核管案件，說明第一階段核安總體檢主要目的即在確保事故初期，能夠保護或建立必要電源及熱量移除（包含必要水源）功能，並爭取時間，恢復正常電源及冷卻系統後，繼續進行後續長期的餘熱處理。台電公司由「耐震能力檢討」、「防海嘯及水災能力檢討」、「救援能力檢討」（包括後備及救援電源、後備及救援水源(含熱沉)、用過燃料池救援、救援資源整備等 4 子項)及「機組斷然處置檢討」等四個面向，擬定「核能電廠安全防護總體檢因應與強化方案」進行強化。

原能會參考國際間的管制建議，陸續提出多項第二階段之管制案件，並持續追蹤、精進。綜合言之，國內核能電廠已完成多項安全改善，包括耐震、防海嘯、強化電源/水源，精進緊急應變能力等，已具體提升安全防護能力。

### （十）會議結論

2017 年台美雙邊核能安全管制技術交流會議，雙方已就各項議題進行熱烈討論，會議結束後也由雙方代表簽署“2017 Bilateral Technical Meeting Summary”，後續將再就重要議題進一步深入交流。

在運轉中核能電廠管制方面，電力系統欠相狀況議題、Anchor/Darling 雙閘盤閘閥故障議題、火災 PRA 於管制上之實務應用、風險告知式保安管制等，將是進一步討論項目。在核能電廠除役管制方面，包括除役法規訂定基礎、除役中核電廠緊急應變計畫區（EPZ）與低密度人口區（LPZ）範圍、除役電廠火災防護管制等，列為往後交流項目。會後我方代表團並與 Mary Jane Rose-Lee 副處長等人合影（圖 1）。



圖 1 我方代表團與 Mary Jane Rose-Lee 副處長等人合影



## 二、觀摩 Oyster Creek 電廠緊急計畫演習應變作業

### (一) 核管會運轉中心

2017 年台美雙邊核安管制技術交流會議後之行程重點為觀摩 Oyster Creek 電廠緊急計畫演習應變作業，為完整了解美方核子事故應變體系，故於 9 月 26 日上午安排參訪核管會運轉中心 (Operations Center)，聽取美方簡報說明並實際參觀，Mary Jane Rose-Lee 副處長亦全程陪同。

運轉中心座落於核管會總部，隨時有兩位值勤官 (Operations Officers) 值班，值勤方式係每日分為二值，每值 12 小時，全年無休。當電廠發生事故時，持照者需於 15 分鐘內通報州政府緊急應變中心，1 小時內通報核管會運轉中心，運轉中心接受外界事件通報後，將依程序協助立即啟動事件因應機制，動員聯邦政府層級相關單位，如環保單位 (EPA)、能源單位 (DOE)、國土安全單位 (DHS)、國民健康單位 (HHS)、農業單位 (USDA) 等。

運轉中心配備眾多大型螢幕畫面 (圖 2)，其中一個畫面顯示事發電廠、事故等級、事故概述、核管會行動等基本訊息及該核能電廠安全功能狀況；另一個畫面為電廠圍阻體系統與相關隔離閥狀態，代表分裂產物障壁完整性；另一畫面為資訊平台，係用於事故狀況與應變行動追蹤，平台資訊為各應變組織間共享，類似國內緊急應變作業平台；亦有美國整體氣象資訊，提供美國國土上方氣旋示意圖；也有監視畫面顯示正在美國上空飛行的民航機，若有飛機偏離航道，航管人員將迅速了解狀況，必要時將通知北美防空司令部戰機起飛戒備，亦會通知核管會轉知航道上之核能電廠警戒。核管會運轉中心充份利用科技產品強化緊急應變能力，例如以多個大型螢幕同時顯示電廠系統、訊息平台、氣象、飛航等資訊；另於個人座位配備專用電腦，方便應變人員進駐時使用，此種作法可提供國內核子事故應變中心硬體設置之參考。參訪後一行人與 NRC 陪同人員於運轉中心建物外合影 (圖 3)。



圖 2 運轉中心內部配置

(註：圖取自 <https://www.flickr.com/photos/nrcgov/9351526249>)

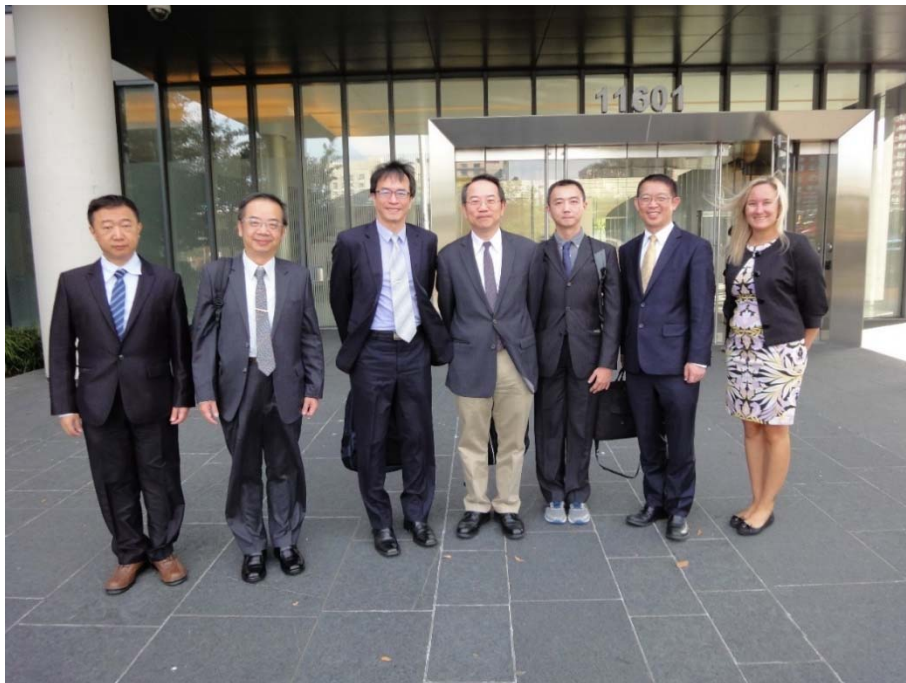


圖 3 我方代表團與 Shannon King 技士合影

## (二) 核管會第一區辦公室

核管會共有四個地區分部，分別負責轄區內核能電廠與核燃料設施之管制，第一區辦公室位於賓夕法尼亞州普魯士王市，負責美國東北部地區；第二區辦公室位於喬治亞州亞特蘭大市，負責美國東南部地區；第三區辦公室位於伊利諾斯州萊爾市，負責美國中西部地區；第三區辦公室位於德克薩斯州阿靈頓市，負責美國西部及南部地區。離開核管會運轉中心後，一行人立即驅車前往核管會第一區辦公室，並於同（26）日下午抵達。

此次參訪行程由第一區辦公室最高行政官(Regional Administrator) Daniel H. Dorman 率相關同仁出席接待並主持後續之討論會議，核管會總部國際事務辦公室 (Office of International Programs, OIP) Maureen Conley 事務官與 Shannon King 技士亦陪同參與。會議首先由我方核能技術處黃俊源副處長簡報「Nuclear Emergency Exercise - Improving Measures of Emergency Response」，說明我國在日本福島事故後之核安演習規劃與執行情形。美方之簡報則由核管會第一區辦公室資深緊急應變連絡官 Jon Lilliendahl 說明未來兩天 Oyster Creek 電廠緊急計畫演習的觀摩規劃，此外也說明美國核管會、聯邦緊急事務管理署 (FEMA)、州政府與持照者在核子事故發生時的權責分工。當事故發生時，係由持照者負責電廠設備操作，重點在防止事件持續惡化或盡量減緩對社會大眾之健康影響。若事故造成輻射外釋廠外，則州政府負責指揮動員與執行廠外民眾防護行動。核管會角色係為獨立監視事件發展與評估，必要時則協調聯邦政府相關單位動員以協助州政府後續處理。美國州政府可運用之人力與設備資源堪稱豐富，故已能擔負核子設施事故應變工作；反觀我國核子事故需動員中央各部會協助處理，雙方在應變能量與層級上有所不同。

其次由第一區辦公室資深公眾事務官 Diane Screnci 說明美國核管會之公眾溝通管道，主要有記者會、官方網站、部落格、臉書與推特等來與媒體和大眾溝通，她也提到緊急時除平時之資訊管道外，尚會使用預先錄製之語音訊息來對民眾釋放訊息，雙方也就社群媒體的使用經驗進行交流。最後美方引導參觀第一區辦公室之緊急應變中心 (Emergency Operation Center, 簡稱 EOC)，前方螢幕可顯示包括緊急應變資料系統 (Emergency Response Data System, 簡稱 ERDS)，類似我國核安監管中心自台電公司連線之安全數據顯示系統 (Safety Parameter Display System, 簡稱 SPDS)，即時傳輸電廠特定參數供應變人員研判事故狀況；也有類似我國在核災發生時，提供應變人員作為溝通與傳輸資訊的「緊急應變工作平台」。離去前一行人在核管會第一區辦公大樓與 Daniel H. Dorman 合影 (圖 4)。



圖 4 我方代表團與 Daniel H. Dorman 最高行政官等人合影

### (三) 紐澤西州技術評估中心

9 月 27 日上午至屬於州政府的技術評估中心 (Technical Assessment Center, 簡稱 TAC) 觀摩州政府的應變演練, 其位於紐澤西州尤英鎮 (Ewing Township)。管制員宣布演練情境為 Oyster Creek 電廠於前一天 (26 日) 上午 09:00 因為喪失所有分裂產物屏蔽進入「全面緊急事故」, 輻射開始外釋, 州長在 09:30 宣布進入緊急狀態, 美國總統亦宣布進入聯邦災害狀態 (Federal Disaster Declaration)。州政府於 26 日 09:50 發布以下民眾防護行動: (1) 緊急應變計畫區域 (ERPA' s) 第 1、2、5、6、9 區疏散 (共 30,813 位居民), 第 3、4 區居家掩蔽, 其他區持續監測; (2) 採取預防性措施, 包括淨空空域、禁入海灣區 (ERPA' s 18、19)、關閉州立公園、牲畜只吃貯存飼料。14:20 電廠搶救成功, 隔離損壞設備與終止輻射物質外釋。FRMAC (Federal Radiological Monitoring and Assessment Center) 進駐協助空中偵測。州政府持續執行進出與交通管制。疏散行動已完成, 約 650 位民眾疏散至收容所, 另 375 位民眾要求州政府臨時收容。當時天氣條件為晴朗、西風, 風速為每小時 8 英里, 氣溫為華氏 72 度, 並另提供當晚與隔天氣象資訊供演練人員使用。

TAC 的組織除了正副指揮官外下轄四個組, 劑量評估組 (由 NRC 與州政府



成員組成), GIS & Water 組成員來自州政府, 聯邦組成員來自能源部與農業部, 第四組則是州政府環保局, 參演人數約二十人 (圖 5)。今 (27) 日的演練稱為 IPX (Ingestion Pathway Exercises) 演練, 其目的是依據 FRMAC 提供的空中偵測結果以及現場人員 (field team) 取得的 10 個樣品進行分析, 制定出進一步取樣的策略, 與提出後續因應建議給州政府。演練從管制員下達狀況後開始, 每半小時匯報一次, 指揮官依據匯報結果逐步做成決策: 首先依據劑量評估組的分析結果, 部分區域可能需要執行移居 (Relocation); 隨之決定取樣地點之優先序; 繼之決定土樣取樣點範圍應該再擴大延伸, 飲用水、農作物、牛奶與海產取樣範圍則無須再擴大, 制定出 36 個取樣點取樣計畫; 第四次匯報指揮官決定執行 ERPA' s 第 12、13 區移居, ERPA' s 第 6 區可以返家, ERPA' s 第 1、2、3、4 區為優先取樣區, 並向州政府應變中心報告。

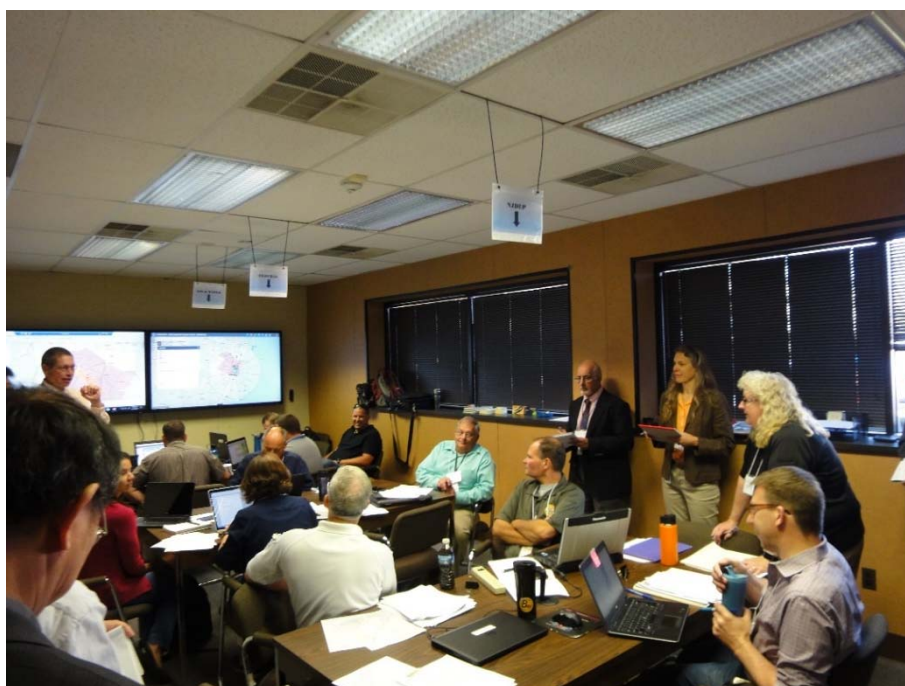


圖 5 技術評估中心運作情形

演練過程中, 除了利用地理資訊系統 (Geographic Information System, 簡稱 GIS) 圖資套疊取樣點與空中偵測結果 (圖 6), 在前方螢幕呈現以利成員討論外, 也善用後方白板紀錄指揮官要求之工作項目與州政府應變中心提出的問題 (圖 7)。白板上紀錄指揮官要求的工作項目有: 須隨時依據各種取樣結果更新受衝擊區域、排序決定取樣點的優先序, 以及依據劑量評估結果決定移居的區域範圍等; 而演練過程州政府應變中心提出之問題如: 執法人員請求進入

ERPA' s 第 1、2、6 區，詢問可以停留的時間，或州警將護送電力公司人員進入電廠，請相關單位評估並回應可否執行等。

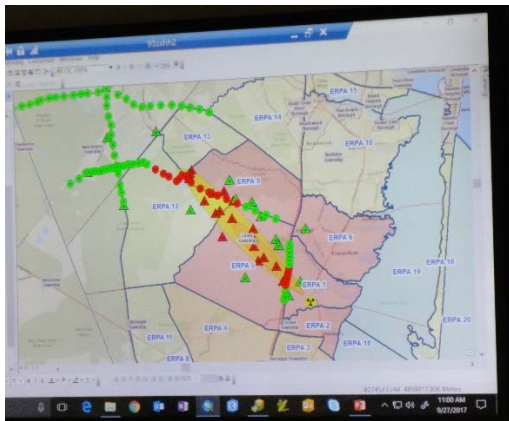


圖 6 GIS 圖資

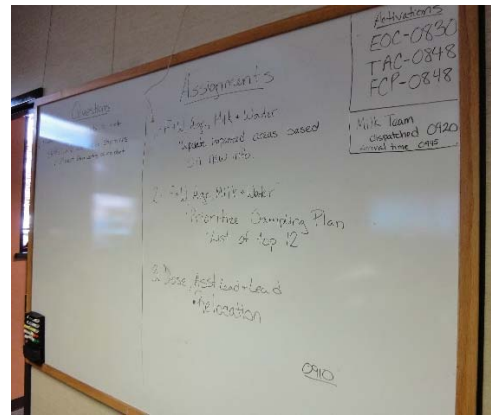


圖 7 白板紀錄

依照現場掛圖顯示（圖 8），TAC 距離電廠約 40 英里，州政府 EOC 距離電廠約 45 英里，州政府前進指揮所（Forward Command Post，簡稱 FCP）距離電廠約 10 英里，聯合資訊中心（Joint Information Center，簡稱 JIC）距離電廠約 18 英里。



圖 8 Oyster Creek 電廠緊急應變計畫地圖

#### （四）紐澤西州政府應變中心

9 月 27 日下午前往紐澤西州政府應變中心（State Emergency Operation

Center，簡稱州政府 EOC），該應變中心設置於尤英鎮 Regional Operations Intelligence Center（此場所內不可照相）。州政府 EOC 為事故應變行動發布命令之權責單位，TAC 所提出之民眾防護行動建議將於此評估決策是否採行，州政府 EOC 也負責公眾溝通業務。參訪活動首先由紐澤西州緊急應變事務處（Bureau）科長 Patrick M. Gorman 介紹該應變中心設置理念及本次演習內容。我國或美國大多數州一般都是由消防部門作為災害應變的主管部門，紐澤西州則是由警察部門擔任主要的災害應變工作。本次演習除了州長宣布進入緊急狀態，美國總統也宣布進入聯邦災害狀態，此舉有助於聯邦的救災資源可以盡速挹注協助州政府執行災害應變工作，州長也啟動國民兵加入救災。由於核災發生機率很低，紐澤西州平常並未設立專責的輻射災害應變組織，而是在各郡的應變成員中設有輻射專業人員，當災害發生時再統一調動支援，鄰近的紐約市也有應變能量可以隨時提供協助。雖然美國東北部沒有地震，不過該應變中心在建造時是有考慮地震的影響。應變中心使用一般的通訊方式，萬一網路不可用時還有電話傳真可用。整個應變中心的格局類似我國災害應變中心，中間挑高部分由各應變單位進駐（圖 9），當執行核災應變時有 13 個緊急支援功能組（Emergency Support Functions，簡稱 ESF）進駐，分別為運輸（Transportation）、通訊（Communications）、公共設施（Public Works & Engineering）、消防（Firefighting）、應急管理（Emergency Management）、收容照護（Mass Care, Emergency Assistance, Housing, and Human Services）、公共衛生與醫療（Public Health and Medical Services）、特種災害應變（Oil and Hazardous Materials Response）、農產與天然資源（Agriculture and Natural Resources）、能源（Energy）、公共安全（Public Safety and Security）、公共關係（External Affairs）、公眾教育（School-Public Education）等，應變所需動員單位可為我國參考。另大廳周圍設有主要幕僚作業辦公室，其中負責決策的指揮室設置在不同樓層，樓上是州長及其內閣的作業室，樓下則是各應變主管討論室。





圖 9 紐澤西州緊急應變中心大廳

(註：圖取自 <https://cryptome.org/mi-complex/mi-complex.htm>)

#### (五) 海洋郡緊急應變中心

9月28日觀摩海洋郡緊急應變中心(Ocean County EOC)的演練(圖10)，參演人員約四十人，該場所也是紐澤西州的前進指揮所(Forward Command Post)，演練地點位於 Ocean County Sheriff's Department Office of Emergency Management。演練主體是紐澤西州應變辦公室(轄下之 Radiological Emergency Response Planning (RERP&T) Unit)以及紐澤西州環保局(轄下之 Bureau of Nuclear Engineering，簡稱 BNE，其任務是評估輻射狀況與對民眾健康與安全的影響)。今日演練演練情境為事故後 30 天，演練項目包括疏散範圍外之居民與政府機關的移居 (Long-term RELOCATION outside the evacuation zone)，以及已疏散區域的復原與再進入 (RECOVERY AND RE-ENTRY to areas that were originally evacuated)。





圖 10 海洋郡緊急應變中心演練情況

上午部分是推演研擬居民與政府機關的移居計畫，移居是在輻射外釋停止後實施，目的是在避免長期的輻射暴露：經由 TAC 劑量評估的結果，受到輻射影響的區域有 ERPA' s 第 1、5、9、12、13 區，第 1、5、9 區已在事故初期完成疏散，只剩下第 12、13 區需進行移居，至少需維持一年，受影響區域的取樣分析依現行計畫繼續執行。各分組先依據管制組提供的數據進行推演，依據輻射劑量評估結果共同決定移居優先序，以及需要移居的政府部門。本次演習場所就因為評估結果，必須轉移陣地。在數次匯報之後，由各鄉鎮 (Township) 警長依據移居作業程序書 (SOP-703, Procedure for Relocation of Population)，確立移居執行計畫，逐一確認需要移轉的政府部門及其替代場所，以及相關執行措施，包括輻射暴露管制、治安執法、消防救護、交通運輸、衛生保健、交管與進出管制、收容照護、水電維生、學校、公眾緊急通知、移居實施作業、移居後管理等。在警長提出計畫後再由與會各應變功能組提出應注意事項後完成上午的演練。演練場地掛滿各種地圖，有 ERPA' s 區域圖、民眾預警系統與進出管制點標示圖、疏散路線圖 (圖 11)、巴士路線圖、特殊安養中心、應變人員除污站、收容場所、接待學校，及應變人員劑量限值 1 侖日 (圖 12) 等等，惟該場所並未設置空間輻射偵檢器，經洽現場人員表示進入本應變場所的人員都已經過輻射偵檢確認無虞。



圖 11 疏散路線圖

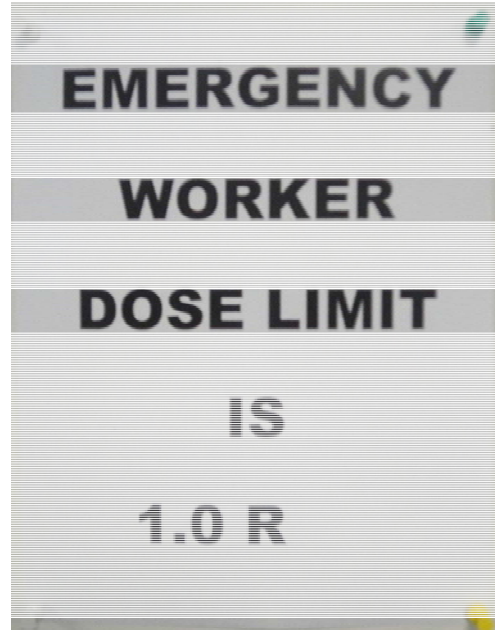


圖 12 應變人員劑量限值

註：圖 11 係取自網路上 Oyster Creek 電廠緊急計畫介紹之 pdf 檔案

(<https://www.google.com.tw/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj uh6Ct6LDXAhXBTbwKHW4cCKUQFgg1MAA&url=http%3A%2F%2Fwww.exeloncorp.com%2Flocations%2FDocuments%2FOyster%2520Creek%2520Emergency%2520Planning%2520Brochure.pdf&usq=A0vVaw0Qq92ZdX5pc3zZJ1M8LJ2X>)

下午開始第二階段的演練項目是已疏散區域居民的復原與返回 (RECOVERY AND RE-ENTRY to areas that were originally evacuated)。復原是一個過程，係藉由將環境中的放射性物質含量與輻射暴露率減少到可以讓原本被疏散或被移居的區域得以自由進出。當原本被疏散或被移居的民眾可以回到原本居住的地方，稱之為返回。比照上午的推演方式，經由 TAC 劑量評估的結果，ERPA' s 第 6 區並未受到輻射影響，但在事故初期已先行疏散，故須建立復原與返回計畫 (依據作業程序書 SOP-705, Procedure for Recovery and Return)。整個返回計畫細分為四個階段，研擬返回計畫 (Development of the Return Plan)、基礎設施檢查 (Inspections of Infrastructure)、公共與衛生清潔服務的恢復 (Restoration of Service and Cleanup)、與民眾返家作業 (Return Movement of Population)。BNE 依據輻射狀況，決定 ERPA' s 第 6 區並未受到輻射影響，建議居民可以返家。依據返回計畫四個階段，首先確立返回計畫與時程表報州長決定計畫實施日期，以及公部門機關所在與公共服務重建優先順序。在數次匯報之後，由各鄉鎮 (Township) 警長，確立返回計畫以及相關執行措施，四個階段各有其計畫實施重點，除第一階段係以公部門重建為重

點外，四個階段均須包括治安維護、消防、緊急醫療、公共衛生、公共服務與廢棄物清理、交通運輸、學校教育、公眾緊急通知等。演練過程中我方人員亦不時與 NRC 陪同人員 Jon Lilliendahl 進行討論（圖 13），結束行程前並與演習人員合影（圖 14）。



圖 13 我方代表團與美方討論情形

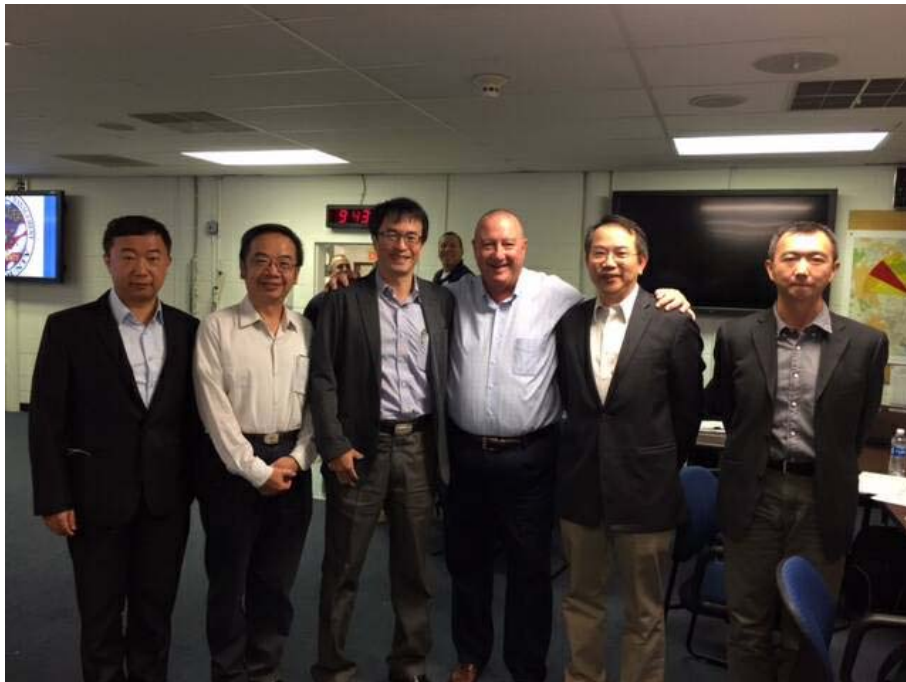


圖 14 我方代表團與演練人員合影

## 肆、心得與建議

### 一、參與 2017 年台美雙邊核能安全管制技術交流會議

- (一) 美國 99 部核能機組中，已有 87 部機組完成執照更新，運轉年限由 40 年延至 60 年；今（2017）年預期將有業者提出申請延長至 80 年。我國核能電廠則已確認 2025 非核家園政策方針，不考慮執照更新規劃。
- (二) 有關 Bulletin 2012-01 核能電廠電力系統欠相議題，美國核能業界雖提出因應作法，惟核管會尚未有最終管制決策。我國應充分掌握相關議題後續發展並妥為因應，另後續也應就此議題持續交流管制進展。
- (三) 美國對除役電廠之管制範圍，運轉人員適職性亦屬重要議題，我國應持續了解國外管制作法。
- (四) 應持續辦理原子能委員會與美國核能管制委員會雙邊核安管制技術交流會議，交換台美雙方一年來之核能安全管制經驗，藉由管制資訊之充分交換與溝通，可提升我國核能安全管制之廣度與深度。

### 二、觀摩 Oyster Creek 緊急計畫演習應變作業

- (一) 核管會運轉中心充份利用科技產品強化緊急應變能力，例如以多個大型螢幕同時顯示電廠系統、訊息平台、氣象、飛航等資訊；另於個人座位亦配備專用電腦，可作為國內核子事故應變中心硬體設置參考。
- (二) 美國州政府可運用之人力與設備資源堪稱豐富，故美國係由州政府擔負核子設施事故應變工作；反觀我國核子事故往往需動員中央政府各部會協助處理，雙方在應變能量與應變層級上有差異，可納入未來國內緊急計畫演習規劃之參考。
- (三) 技術評估中心演練過程中，充份利用地理資訊系統（GIS）呈現劑量分布以利成員討論；該中心運作上也善用白板逐項紀錄指揮官要求與上級提出之問題，相關作法值得我方參採納入演習作業所用。
- (四) 海洋郡緊急應變中心應變人員劑量限值為 1 侖目，惟該場所並未設置空間輻射偵檢器，無法確認符合規定。我國進行核子事故緊急計畫演習時，應充份留意細節，盡量使演練接近真實情況，以期強化演練成效。

## 伍、附錄

### 附錄一、2017 年雙邊核安管制技術交流會議議程

#### **Monday, September 25, 2017**

- 8:00 AM Taiwan Delegation arrives at NRC
- 8:30 AM Welcome Remarks and Introductions Ms. Mary-Jane Ross-Lee, NRC and Dr. Chi-Szu Lee, AEC
- 8:45 AM AEC Recent Regulatory Activities
- 9:15 AM NRC Recent Regulatory Activities
- 9:45 AM Break
- 10:00 AM Updates on NRC probabilistic Risk Analysis Research – NRC/RES
- 10:30 AM Research Updates on Probabilistic Risk Assessment (PRA) in Taiwan-Effects of Seal Leakage Modeling on the Station Blackout (SBO) Core Damage Frequency (CDF) – AEC
- 11:00 AM Regulatory Improvement for Power Reactor Decommissioning – NRC/NRR
- 11:30 AM NRC-hosted Lunch
- 12:30 PM Updates on Review Activities of Chinshan Decommissioning Plan – AEC
- 1:00 PM Risk-informed, Performance-based Approaches to Seismic Safety – NRC/RES
- 1:30 PM Updates on Seismic Safety and Assessment of Taiwan's Nuclear Plants –TPC
- 2:00 PM Break
- 2:15 PM Update on Fukushima Lessons Learned Implementation & Rulemaking – NRC/NRR
- 2:45 PM Update on Fukushima Lessons Learned Implementation and Exemption - TPC
- 3:15 PM Summary/Signing of Meeting Minutes
- 3:45 PM Depart NRC

附錄二、2017 年台美雙邊技術交流會議雙方代表名單

**Taiwan Atomic Energy Council (AEC) and  
U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC)  
Bilateral Technical Meeting  
September 25, O-13D20  
Participant List**

**Delegation from Taiwan:**

- Dr. Chi-Szu Lee, Deputy Director, Department of Nuclear Regulation, AEC
- Mr. June-yuan Huang, Deputy Director, Department of Nuclear Technology, AEC
- Mr. Yi-Ting Chang, Technical Specialist, Department of Nuclear Regulation, AEC
- Mr. Tai-Hung Wu, Associate Technical Specialist, Department of Nuclear Regulation, AEC
- Mr. Chih-Pao Lin, Deputy Director, Department of Nuclear Generation, Taiwan Power Company (TPC)
- Dr. Wei-Wu Chao, Division Deputy Director, Taipei Economic and Cultural Representative Office in the U.S.

**Delegation from NRC:**

- Mary-Jane Ross-Lee, Deputy Director, NRR/DE
- John Nakoski, Chief, RES/DRA/PRAB
- Alysia Bone, Project Manager, NRR/DPR/PRMB
- John Lamb, Senior Project Manager, NRR/DORL/LSPP
- Jose Pires, Senior Technical Advisor, RES/DE
- Mohamed Shams, Deputy Director, NRR/JLD
- Shannon King, International Relations Specialist, OIP